

柱主筋外定着方式柱梁接合部

益尾 潔 ● 一般社団法人建築構造技術支援機構 代表理事

柱主筋外定着方式開発の背景

最上階柱梁接合部内の柱、梁主筋定着部の納まりは、最上階だけでなく下階柱梁接合部内の柱、梁主筋定着部の納まりにも影響するので、骨組全体の配筋施工上、特に太径鉄筋の場合には重要である。

すなわち、柱主筋は最上階から最下階にかけて連続して配置され、梁主筋は各階においてXY各方向の建物全長にわたって連続して配置されるので、各階の柱梁接合部内での柱、梁主筋の干渉を考慮すると、柱、梁主筋位置は、最上階柱梁接合部内の柱、梁主筋定着部の納まりの影響を強く受ける。

従来の機械式定着工法の場合、L形接合部内では、柱、梁主筋定着部が輻輳するので、接合部配筋詳細の納まりが難しい。一方、鉛直スタブ付きL形接合部

の場合、柱主筋定着部からの押え効果によって、梁上端筋定着部は、T形接合部と同様、機械式直線定着とすることができる¹⁾。しかし、鉛直スタブは屋上に突出するので、意匠上、採用されにくい。柱主筋定着部は、梁上端筋の上部でも屋上防水層の押えコンクリート厚さ以内に納まれば都合がよい。

これらより、最上階梁上端筋定着部を機械式直線定着とした接合部配筋詳細が考案された¹⁾。この配筋詳細を柱主筋外定着方式、従来の機械式定着工法による定着方式を柱主筋内定着方式と呼ぶ。

柱主筋外定着方式柱梁接合部の抵抗機構

柱主筋外定着方式では、図1(a)のように、梁上端筋定着部の上部に柱主筋定着部を配置し、柱主筋定着部を定着部拘束筋で拘束するとともに、梁上端筋定

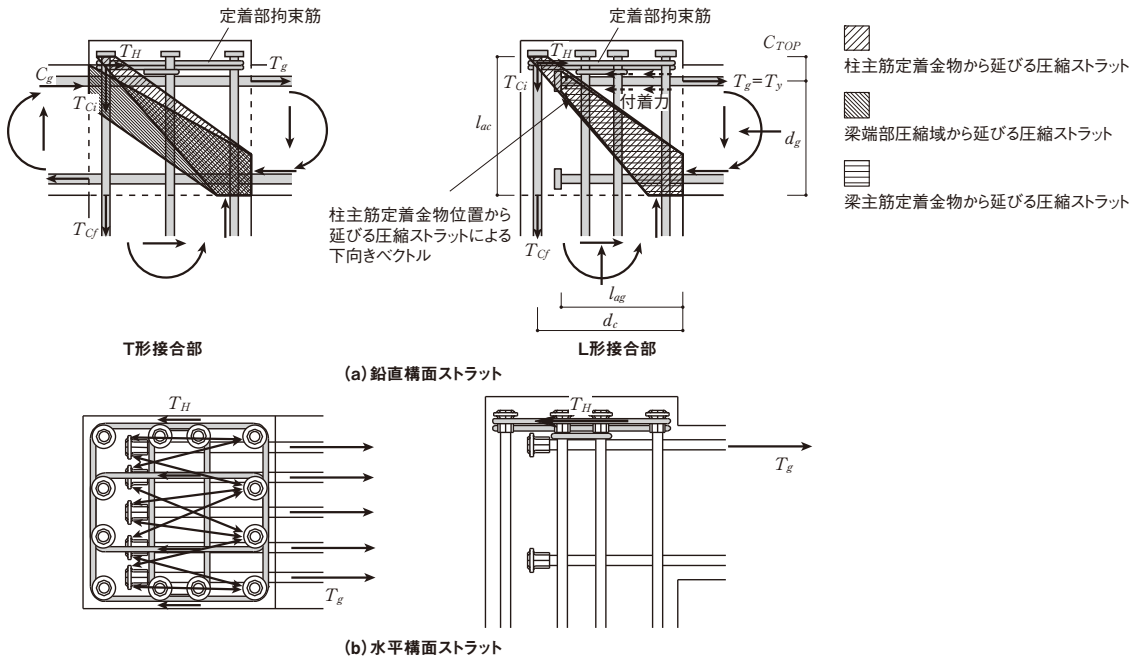


図1 柱主筋外定着方式柱梁接合部の抵抗機構¹⁾

着部の上部からかんざし筋を挿入する(図2)。

すなわち、T形、L形接合部ともに、柱主筋定着部から延びる鉛直構面ストラットと柱梁接合部内の梁上端筋定着部が重なり、下向き力が作用し、梁上端筋定着部の付着耐力が向上する。また、梁上端筋上部から挿入されるかんざし筋は、梁上端筋に対する引抜抵抗力(下向き力)に寄与する。

さらに、L形接合部の場合、図1(b)のように、梁端仕口面での梁上端筋の全引張力 T_g は、梁上端筋定着部から延びる水平構面ストラットを介して、定着部拘束筋足部に伝達される。この場合、全引張力 T_g の作用時に、定着部拘束筋足部の全降伏引張力 T_{Hy} が生じることが実験で確認されている。

すなわち、梁上端筋の全引張力 T_g は、定着部拘束筋足部を介して背面側に伝達されるので、梁上端筋の全引張力によって入力される接合部せん断力に対し、L形接合部全体が有効に抵抗する。

最上階L形接合部の配筋詳細例

図2は、梁曲げ降伏型の最上階L形接合部の配筋詳細例であり、XY方向ともに、梁主筋定着長さ l_{ag} および柱主筋定着長さ l_{ac} は、以下のように、SABTEC指針の構造規定¹⁾を満足する。

表1 定着部拘束筋の検討結果

梁上端筋		定着部拘束筋			γ_{Hgo}
配筋	T_{gy} (kN)	配筋	鋼種	T_{Hy} (kN)	
4+2-D32	1,858	2-D16-2組	SD490	310	0.17

$\gamma_{Hgo} = T_{Hy}/T_{gy}$: 引張力基準伝達係数 ≥ 0.15

T_{Hy} : 定着部拘束筋足部の全降伏引張力

T_{gy} : 梁上端筋の全降伏引張力

【柱断面諸元および接合部横補強筋】

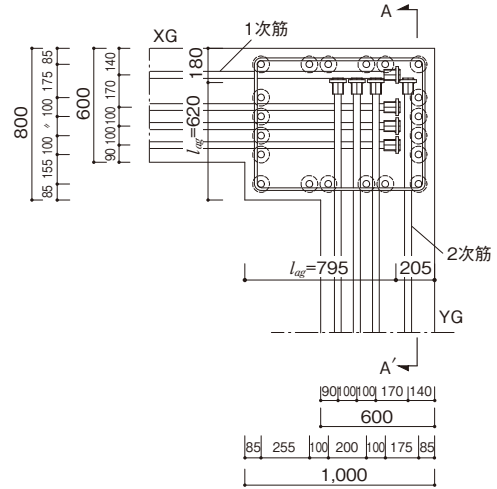
F_c	$B \times D$ (mm)	柱主筋		接合部横補強筋
		配筋	鋼種	
F_c30	800 × 1,000	20-D32	SD390	2-D16-5組

【梁断面諸元】

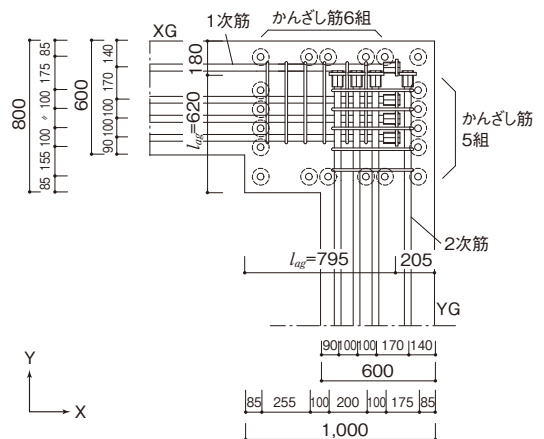
	$B \times D$ (mm)	梁上下主筋		定着長さ l_{ag} (mm)
		配筋	鋼種	
XG	600 × 800	4+2	SD	795
YG	600 × 800	-D32	390	620

【かんざし筋】

方向	かんざし筋		
	配筋	鋼筋	p_{jw} (%)
X	2-D13-6組	SD295	0.25
Y	2-D13-5組	SD295	0.26

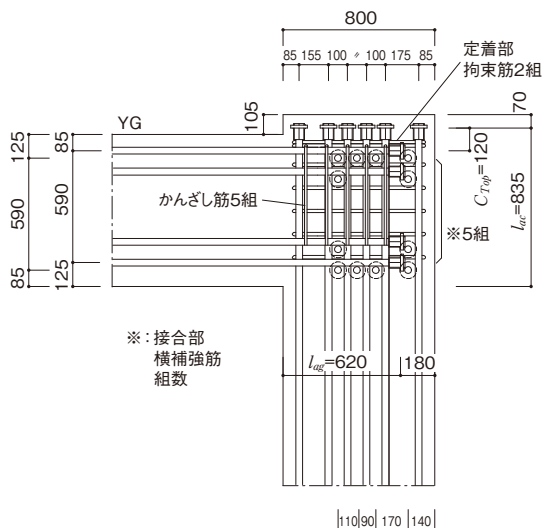


定着部拘束筋側矢視



かんざし筋側矢視

(a) 水平断面



(b) 鉛直断面(A-A'矢視)

図2 柱主筋外定着方式最上階L形接合部の配筋詳細例

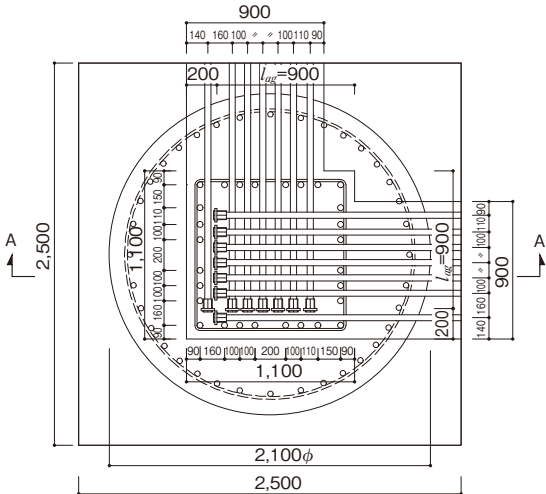
【柱断面諸元および接合部横補強筋】

F_c	$B \times D$ (mm)	柱主筋		定着長さ l_{ac} (mm)	接合部 横補強筋
		配筋	鋼種		
$F_c 36$	1,100×1,100	28-D35	SD390	2,585	2-D13-18組

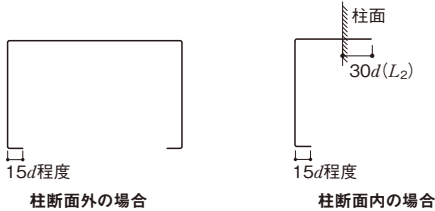
【梁断面諸元】

	$B \times D$ (mm)	梁上下主筋		定着長さ l_{ag} (mm)	杭径 ϕ (mm)	杭主筋
		配筋	鋼種			
XG, YG	900×2,500	2×7-D35	SD390	900	2,100	36-D32

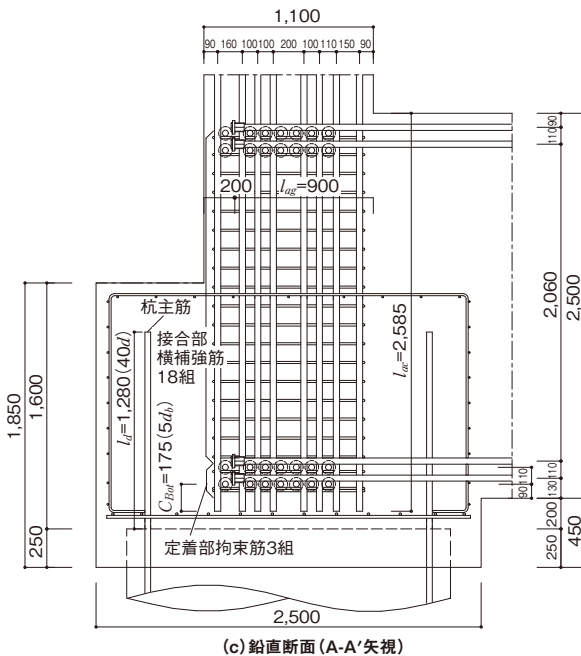
【杭断面諸元】



(a) 水平断面 (柱梁接合部)



(b) カゴ筋案内



(c) 鉛直断面 (A-A' 矢視)

図3 柱主筋外定着方式最下階L形接合部の配筋詳細例

表2 定着部拘束筋の検討結果

引張側柱主筋		定着部拘束筋			γ_{Hco}
配筋	T_{cy} (kN)	配筋	鋼種	T_{Hy} (kN)	
8-D35	1,418	2-D13-3組	SD295	225	0.16

$\gamma_{Hco} = T_{Hy}/T_{cy}$: 引張力基準伝達係数 ≥ 0.1

T_{Hy} : 定着部拘束筋足部の全降伏引張力

T_{cy} : 引張側柱主筋の全降伏引張力

【梁主筋定着長さ l_{ag} 】

• X方向: $l_{ag}/d_b = 795/32 = 24.8 \geq 12$

$$l_{ag}/D_c = 0.80 \geq 0.75$$

$$l_{ao} = 15.7d_b = 0.50D_c \leq 0.75D_c \therefore \text{OK}$$

• Y方向: $l_{ag}/d_b = 620/32 = 19.3 \geq 12$

$$l_{ag}/D_c = 0.78 \geq 0.75$$

$$l_{ao} = 15.7d_b = 0.63D_c \leq 0.75D_c \therefore \text{OK}$$

【柱主筋定着長さ l_{ac} 】

$$l_{ac}/d_b = 840/32 = 26.3, l_{ac}/D_g = 1.05$$

$$l_{ao} = 17.7d_b = 0.71D_g \leq D_g \therefore \text{OK}$$

定着部拘束筋 (2-D16-2組) は, 表1のように, 設計条件 ($\gamma_{Hgo} \geq 0.15$) を満足する。 γ_{Hgo} は定着部拘束筋への引張力基準伝達係数である。この場合, XY方向ともに, 両側直交梁付き以外であるので, $p_{jwh} \geq 0.3\%$ の接合部横補強筋を配置し, 別途, 定着部拘束筋を配置した。 p_{jwh} は接合部横補強筋比を示す。

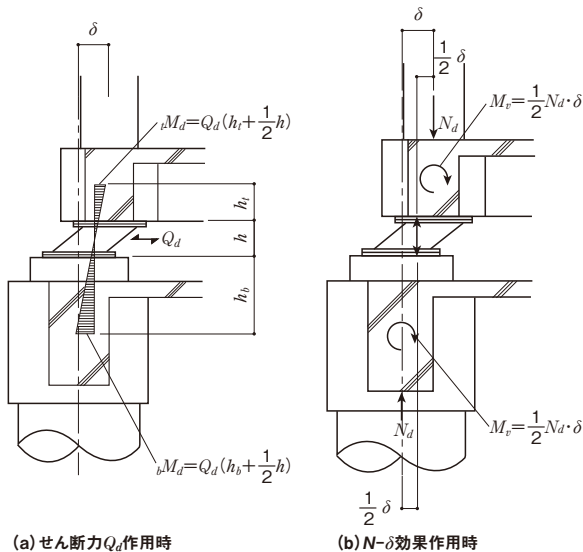
すなわち, 定着部拘束筋は置換え方式¹⁾で決定した。定着部拘束筋による追加横補強筋比 $\Delta p_{jwh} = 2 \times 2 \times 199 / (1,000 \times 590) = 0.14\%$ となる。表1の検討では, 定着部拘束筋の鋼種をSD490とした。

一方, 接合部横補強筋量 $p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}$ が規定に比べて余裕がある場合, 定着部拘束筋と接合部横補強筋との累加補強筋量 $\Sigma p_{jwh} \cdot \sigma_{wy}$ がSABTEC指針¹⁾の規定を満足するように設計することもできる。

かんざし筋は, 構造規定 ($p_{juv} \geq 0.25\%$) より, XY方向ともに, 梁幅 (600mm) と柱せい (X方向1,000mm, Y方向800mm) で決まる断面積に対し, 梁主筋上部から配置した。 p_{juv} は柱頭補強筋比を示す。また, 梁上端筋中心から柱主筋定着金物 (定着板) 内面までの寸法 C_{Top} は120mm ($= 3.8d_b \geq 3$) とした。

最下階L形接合部の配筋詳細例

図3は, 柱主筋外定着方式による柱脚部曲げ降伏型の最下階L形接合部内基礎梁主筋定着部の配筋詳細例であり, 基礎梁上端, 下端筋定着長さ l_{ag} および



(a)せん断力 Q_d 作用時 (b) N - δ 効果作用時
 図4 上部構造側と下部構造側免震基礎の設計応力^{1), 3)}
 柱主筋定着長さ l_{ac} は、以下のように、SABTEC指針の構造規定¹⁾を満足する。

1) (XG, YG) $l_{ag}/d_b = 900/35 = 25.7 \geq 12$

$$l_{ag}/D_c = 0.82 \geq 0.75$$

$$l_{ao} = 20.9d_b = 0.67D_c \leq 0.75D_c \therefore \text{OK}$$

2) $l_{ac}/d_b = 2,585/35 = 73.9 \geq L_2/d_b = 35$, $l_{ac}/D_g = 1.03$

$$l_{ao} = 16.1d_b = 0.23D_g \leq D_g \therefore \text{OK}$$

L_2 : JASS5の直線定着長さ

柱主筋定着長さ l_{ac} はJASS5の直線定着長さ L_2 よりも長いので、引張側柱主筋の全降伏引張力 T_{cy} は、下式で算定した。

$$T_{cy} = a_{ct} \cdot \sigma_{cy} / (l_{ac}/L_2) \quad (1)$$

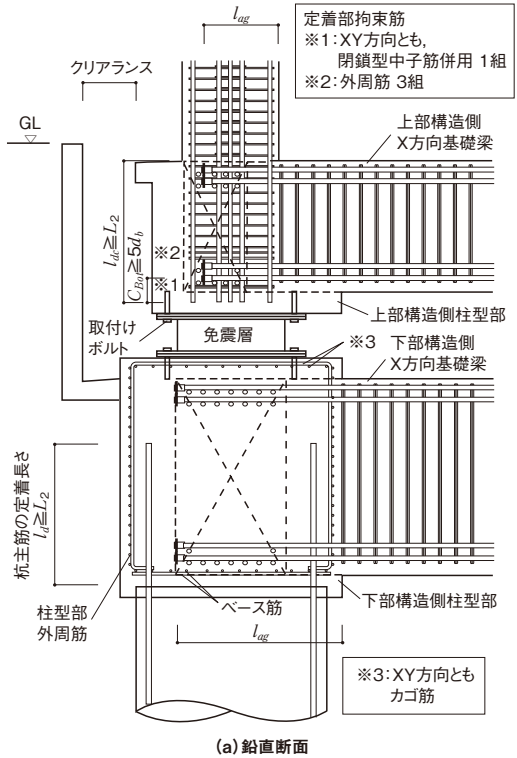
a_{ct} , σ_{cy} : 引張側柱主筋の断面積および降伏強度

最下階柱・基礎梁接合部の接合部横補強筋は2-D13-18組 ($p_{jwh} = 0.20\%$) とし、表2のように、それ以外に定着部拘束筋 (2-D13-3組) を配置した。

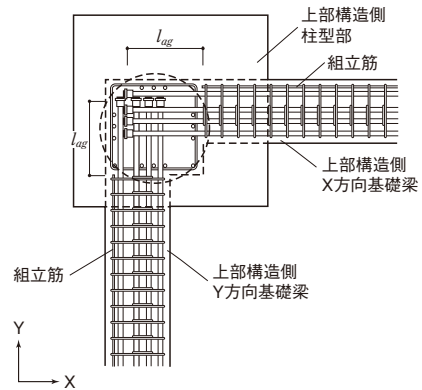
また、杭主筋 (36-D32) は、図3のように、XY方向の基礎梁下端筋 (2×7-D35) と干渉しないように、基礎梁下端筋と交差しない箇所では密に、それ以外の箇所では粗に配置した。このように、杭主筋と基礎梁下端筋が交差する箇所では、設計段階で、杭主筋位置を検討しておくことが重要である。

杭主筋定着長さは杭頭面から $40d$ とし、基礎フーチング周囲には本連載第2回²⁾で定義した有効なはかま筋を配置した¹⁾。 d は杭主筋呼び名の値を示す。

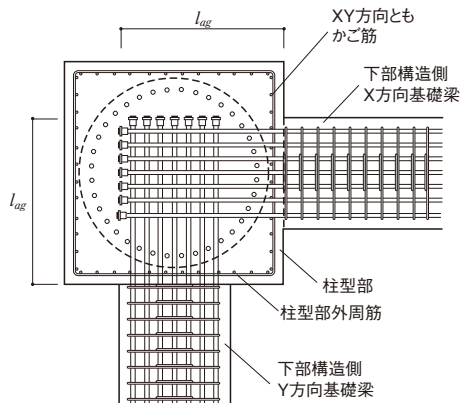
一方、はかま筋は、基礎フーチング全体がコア部を形成するように、XY方向ともに、縦筋と上部水平筋か



(a)鉛直断面



(b)上部構造側水平断面



(c)下部構造側水平断面

図5 免震基礎・基礎梁主筋定着部の配筋詳細例¹⁾

らなるかご筋，ならびにその周囲のフープ状の外周筋で構成した。すなわち，上部水平筋9-D13，外周筋2-D13-9組およびベース筋12-D16とすることで，有効なはかま筋の設計条件^{1), 2)}を満足する。はかま筋およびベース筋の鋼種はSD295Aとした。

免震基礎・基礎梁主筋定着部

◎設計応力

図4は，免震部材（積層ゴムアイソレーター）が接続する上部構造側と下部構造側免震基礎の設計応力を示す^{1), 3)}。図4(a)は免震部材の負担せん断力 Q_d による設計応力，図4(b)は免震部材の水平変形 δ による付加曲げモーメント（ N - δ 効果）を表す。

すなわち，上部構造側と下部構造側の基礎梁主筋定着部は，図中の ${}_tM_d$ または ${}_bM_d$ と M_v ，ならびに分離モデル¹⁾による上部構造および杭基礎による下部構造の曲げモーメントをそれぞれ足し合わせた設計応力によって生じる引張力を負担する必要がある。

上部構造側免震基礎の場合，柱型部（取り付け躯体）および免震部材と最下階柱が接続するので，場所打ち杭基礎の配筋詳細を応用できる^{1), 2)}。

◎設計例

図5は，免震基礎・基礎梁主筋定着部の配筋詳細例¹⁾であり，それらの留意事項を以下に示す。

【上部構造側】

- 1) 上部構造側では，柱主筋定着長さ $l_{ac} \geq L_2$ かつ基礎梁下端筋（1段筋）中心からの柱主筋突出長さ $C_{Bot} \geq 5d_b$ とし，基礎梁下端筋の直下および直上に定着部拘束筋を配置した。 L_2 はJASS5の直線定着長さ， d_b は柱主筋呼び名の値を示す。
- 2) XY方向基礎梁ともに，上端筋および下端筋定着部は，柱主筋と接合部横補強筋で囲まれたコア内に配置し，機械式直線定着とした。
ここで，接合部被覆率が50%以上の両側直交梁付きの場合， $p_{jwh} \geq 0.2\%$ ，それ以外の場合， $p_{jwh} \geq 0.3\%$ とする。 p_{jwh} は接合部横補強筋比を示す。
- 3) 定着部拘束筋は，基礎梁下端筋直下の中子筋併用（XY方向とも）1組と直上の外周筋3組とし，別途，2)の接合部横補強筋を配置した。
- 4) 上部構造側柱型部では，柱型部全体がコア部を形

成するように，かご筋の周囲に外周筋を配置することを基本とする（下部構造側5）参照）。

【下部構造側】

- 5) 下部構造側柱型部では，柱型部全体がコア部を形成するように，XY方向ともに，上部からのかご筋で覆い，その周囲に外周筋を配置した。
- 6) XY方向基礎梁ともに，下端筋定着部は，直交梁の屋外側下端筋定着部の外側，かつ，杭主筋で囲まれた範囲内に配置し，それぞれ機械式直線定着とした。また，上端筋定着長さ l_{ag} は，下端筋定着長さ l_{ag} と同じとした。
- 7) 図5では，下部構造側の基礎梁幅は，基礎梁下端筋定着部と杭主筋との干渉防止のために，柱型部寸法に比べて小さくした。すなわち，円形断面の杭基礎の場合，杭中心から離れると，杭主筋投影間隔が小さくなることを考慮した。

【免震部材との躯体接合部】

免震部材との躯体接合部は，上部構造側，下部構造側ともに，取り付け躯体の設計指針³⁾に従い，免震部材に作用する力を伝達できるように取り付けボルトおよび取り付けベースプレートを設計する。

あとがき

本稿では，骨組全体の配筋施工上，重要な最上階L形接合部内の柱，梁主筋の定着方法として提案された柱主筋外定着方式柱梁接合部の配筋詳細の考え方および設計例を紹介した。また，柱主筋外定着方式を適用した最下階L形接合部内の基礎梁主筋定着部，ならびに免震基礎・基礎梁主筋定着部の配筋詳細を紹介した。

柱主筋外定着方式は，従来の柱主筋内定着方式では対処できない接合部配筋詳細に対して，納まりのよい解決策を与えることができる。

（ますお きよし）

【参考文献】

- 1) (一社)建築構造技術支援機構：SABTEC 機械式定着工法 設計指針（2014年），2014年6月
- 2) 益尾潔：本連載第2回 最下階柱・基礎梁接合部，建築技術2015年5月号，pp.40-44
- 3) (一社)日本免震構造協会：免震部材の接合部・取り付け躯体の設計指針，5. 取り付け躯体の設計，pp.31-34，2014年1月